

Analisa Pengaruh Endapan Polutan Garam Pada Isolator Terhadap Arus Bocor

Armansyah

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara, Medan

armansyah@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Isolator yang bersih mempunyai tahanan yang sangat besar. Namun bila permukaannya menjadi kotor nilai tahanannya menjadi jauh berkurang. Pengotoran tersebut dapat terjadi karena isolator banyak terpasang di alam terbuka, sehingga bahan-bahan pengotor (polutan) akan mudah menempel pada permukaannya. Bahan-bahan polutan ini berangsur-angsur membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan isolator. Untuk isolator-isolator yang terpasang dekat dengan pantai, unsur polutan yang paling berpengaruh terhadap unjuk kerja isolator adalah garam yang terbawa oleh angin. Polutan ini bersifat konduktif terutama pada keadaan cuaca lembab, berkabut atau pada hujan gerimis. Jika cuaca seperti ini terjadi, maka akan terjadi arus bocor melalui polutan tersebut. Adanya arus bocor ini akan memicu terjadinya peluahan parsial pada permukaan isolator.

Kata Kunci : *Endapan, Polutan, Garam, Isolator, Pengotoran*

I. PENDAHULUAN

Isolator merupakan salah satu komponen utama dari jaringan transmisi dan distribusi. Isolator berfungsi untuk memegang dan mengisolir kawat-kawat penghantar yang bertegangan terhadap tiang atau menara penyangga sehingga tidak terjadi hubungan fasa ke tanah yang dapat menyebabkan aliran daya listrik terganggu.

Dalam pengoperasiannya, isolator yang dipasang dekat dengan pantai mempunyai resiko gangguan yang relatif besar. Isolator ini dicemari oleh polutan yang terbawa oleh angin laut. Polutan tersebut melekat pada permukaan isolator dan umumnya terdiri dari garam yang disertai dengan butiran-butiran air yang berasal dari penguapan air laut. Di samping garam, biasanya terdapat unsur polutan lain yang bersifat konduktif, seperti debu dari semen atau tanah serta jamur (*fungous*) sehingga menjadi jalur yang dapat dilalui arus bocor. Besarnya arus bocor pada isolator ditentukan oleh beberapa hal sebagai berikut:

- ❖ Kepadatan endapan garam pada permukaan isolator
- ❖ Jenis isolator
- ❖ Tingkat kelembaban lingkungan
- ❖ Besarnya tegangan yang diterapkan pada isolator

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Isolator

Isolator adalah suatu bahan yang mempunyai sifat mengisolir atau menahan arus listrik pada tempat yang dikehendaki. Sifat isolator yang paling pokok adalah mempunyai tahanan yang tinggi. Tegangan isolator adalah tegangan yang dipikul isolator dalam waktu yang tidak terbatas

yang disebut tegangan nominal isolator. Apabila tegangan tersebut melebihi tegangan nominal yang diijinkan, maka isolator hanya dapat menahan dalam waktu yang terbatas. Bila tegangan dikenakan pada isolator tersebut akan mengalami pelepasan muatan (lewat denyar) atau dengan perkataan lain isolator tersebut mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya.

Penggunaan isolator pada saluran udara tegangan tinggi berbeda dengan isolator yang digunakan pada jaringan tegangan menengah. Hal ini disebabkan karena pada saluran tegangan tinggi di samping harus menahan tegangan kerja sistem dan kemungkinan tegangan lebih, juga harus dapat menahan beban mekanis kawat penghantar maupun isolator itu sendiri.

2.2 Bahan isolator

Gelas dan porselin adalah tergolong bahan mineral, tetapi penggunaannya tidak pada bentuk atau keadaan alaminya melainkan harus diproses terlebih dahulu dengan pemanasan (pembakaran), pengerasan dan pelumuran. Itulah sebabnya maka pembasahannya dipisahkan dengan pembasahan bahan mineral. Karakteristik elektrik dan mekanik dari suatu isolator tergantung pada konstruksi dan bahan yang digunakan. Isolator terdiri dari dielektrik, jepitan logam dan bahan perekat yang mengikat jepitan dengan dielektrik.

a. Porselin

Porselin adalah bahan isolasi kelompok keramik yang sangat penting dan luas penggunaannya. Istilah bahan-bahan keramik adalah digunakan untuk semua bahan anorganik yang di bakar dengan pembakaran pada suhu tinggi dan bahan asal berubah substansinya. Bahan dasar porselin adalah tanah liat. Ini berarti bahan dasar tersebut mudah dibentuk pada waktu basah, tetapi

menjadi tahan terhadap air dan kekuatan mekaniknya naik setelah dibakar. Bahan dielektrik isolator harus memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi dan tidak dipengaruhi oleh kondisi-kondisi di sekitarnya. Tanah liat khusus misalnya tanah liat cina dan tanah liat yang sudah diolah digunakan pada pabrikasi porselin setelah dicampur dengan kuarsa. Bahan dielektrik untuk isolator umumnya adalah porselin, karena kekuatan dielektriknya tinggi dan tidak dipengaruhi oleh kondisi di sekitarnya. Sampel uji porselin yang tebalnya 1.5 mm, dalam medan elektrik seragam, mempunyai kekuatan dielektrik sebesar 22-28 kV_{rms}/mm. Jika tebal porselin bertambah maka kekuatan elektriknya berkurang, karena medan elektrik di dalam isolator semakin tidak seragam. Bila tebal bertambah dari 10 mm hingga 30 mm, kekuatan elektrik berkurang dari 80 kV_{rms}/mm menjadi 55 kV_{rms}/mm. Kekuatan dielektrik porselin pada tegangan impuls 50-70 % lebih tinggi dari pada kekuatan dielektrik frekuensi daya.

Kekuatan mekanik dari porselin tergantung pada cara pembuatannya. Porselin sangat baik jika bekerja memikul beban tekan, tetapi sifat mekanisnya memburuk jika memikul beban tekuk dan semakin memburuk jika memikul beban tarik. Kekuatan mekanis porselin standar berdiameter 2-3 cm adalah 45000 kg/cm² untuk beban tekan, 700 kg/cm² untuk beban tekuk dan 300 kg/cm² untuk beban tarik. Kekuatan mekanik dari porselin suatu isolator tergantung pada konstruksi jepitan, cara menghubungkan porselin dengan jepitan, dan luas penampang porselin. Kekuatan mekanik dari porselin dan pengurangan itu lebih besar pada kekuatan mekanik beban tarik dan beban tekuk. Penggunaan isolator pada tegangan tinggi, yang juga harus menjadikan pertimbangan adalah tegangan pelepasan. Tegangan pelepasan adalah tegangan yang dikenakan pada isolator yang menyebabkan mengalirnya arus listrik melalui permukaan diantara elektroda-elektroda.

b. Gelas

Gelas atau kaca adalah substansi yang dibuat dengan pendinginan bahan-bahan yang di lelehkan, tidak berbentuk kristal tetapi tetap pada kondisi berongga. Kaca pada umumnya terdiri dari campuran silikat dan beberapa senyawa antara lain : borat dan pospat. Gelas dibuat dengan cara melelehkan beberapa senyawa silikat (pasir), alkali (Na dan K) dengan bahan lain (kapur, oksida timah hitam). Karena itu sifat dari gelas tergantung dari komposisi bahan-bahan pembentuknya tersebut. Masa jenis kaca atau gelas berkisar antara 2 hingga 8,1 gr/cm³, kekuatan tekannya 6000 hingga 21000 kg/cm², kekuatan tariknya 100 hingga 300 kg/cm². Walaupun gelas merupakan substansi berongga, tetapi tidak mempunyai titik leleh yang tegas, Karena pelelehannya adalah perlahan-lahan ketika suhu pemanasan dinaikkan. Titik pelembekan gelas berkisar antara 500 hingga 1700^o C, makin sedikit kandungan SiO₂ nya makin

rendah titik pelembekan suatu gelas. Demikian pula halnya dengan muai panjang (α) nya, makin banyak kadar SiO₂ yang dikandungnya akan makin kecil α nya. Muai panjang untuk gelas berkisar antara $5,5 \cdot 10^{-7}$ hingga $150 \cdot 10^{-7}$ per derajat celcius. Nilai dari angka muai panjang adalah sangat penting bagi suatu gelas dalam hubungannya dengan kemampuan gelas menahan perubahan suhu. Pada pabrikasi kaca, asam flourida digunakan untuk membuat kaca-embun. Pada umumnya gelas tidak stabil terhadap pengaruh alkali. Seringkali oksida logam alkali ditambahkan pada pembuatan gelas dengan maksud agar sifat-sifat gelas menjadi lebih baik. Oksida-oksida tersebut dimasukkan ke dalam gelas sebagai pemurnian bahan-bahan mentah. Keberadaan natrium di dalam gelas adalah lebih tidak menguntungkan dibanding kalium. Karena ion Na adalah sangat kecil ukurannya dan sangat mudah bergerak di dalam medan listrik. Itulah sebabnya mengapa Na dapat menambah konduktivitas gelas. Gelas dibuat dengan cara mendinginkan secara cepat beberapa bahan yang di lelehkan atau kristalisasi. Proses tersebut dinamakan devitrifikasi. Pendinginan yang cepat tersebut diikuti dengan naiknya kekentalan substansi atau pembentukan keadaan kristal. Dewasa ini gelas semakin banyak digunakan sebagai bahan dielektrik isolator piring dan isolator jenis pin. Isolator gelas lebih murah dari pada porselin dan karakteristik elektrik dan karakteristik mekanisnya tidak jauh ketinggalan dari porselin. Karakteristik elektrik dan mekanis gelas tergantung pada komposisi kimiawi gelas, khususnya pada kandungan alkali yang terdapat dalam gelas. Adanya larutan alkali dalam komposisi gelas akan menambah sifat hygroskopisitas permukaan isolator sehingga konduktivitas permukaan isolator semakin besar. Akibatnya, sifat elektrik isolator gelas alkali tinggi lebih buruk daripada gelas alkali rendah atau dari porselin. Kekuatan elektrik gelas alkali tinggi adalah 17,9 kV_{rms}/mm dan gelas alkali rendah adalah 58 kV_{rms}/mm, yakni dua kali lebih tinggi daripada kekuatan elektrik porselin.

Pada keadaan isolator bertegangan, sifat ion dari konduktivitas elektrik gelas alkali tinggi cenderung menguraikan gelas. Oleh karena itu, isolator gelas tidak dapat digunakan pada instalasi tegangan searah. Pada tegangan bolak-balik, penguraian elektrik secara praktis tidak ada sehingga penuaan isolator akibat penguraian elektrik berlangsung lebih lambat.

Dilihat dari proses pembuatannya, isolator gelas terdiri dari dua jenis, yaitu gelas yang dikuatkan (annealed glass) dan gelas yang dikeraskan (hardening glass). Kekuatan mekanik sampel uji gelas yang dikuatkan lebih besar dari pada porselin karena regangan mekanik internal mudah dihilangkan saat proses penguatan. Pada porselin, regangan internal secara praktis tetap ada dan hal ini akan mengurangi kekuatan mekanisnya. Gelas alkali memiliki koefisien pemuaian tinggi,

sehingga isolator gelas mudah pecah jika dioperasikan pada suhu yang berubah dengan tajam. Hal ini membuat gelas dibatasi pemakaiannya hanya untuk instalasi pasangan dalam, tidak untuk instalasi yang mengalami perubahan suhu yang tajam.

Isolator untuk instalasi pasangan luar terbuat dari gelas alkali rendah yang di ikuti dengan penguatan. Gelas alkali hanya digunakan jika isolator membutuhkan pengerasan agar diperoleh kekuatan mekanik yang tinggi.

Selama pengerasan, gelas dipanaskan sampai suhu mencapai suhu yang tinggi (650⁰C untuk gelas alkalin tinggi dan 780⁰C untuk gelas alkalin rendah). Setelah itu, udara dingin ditiupkan ke dalam gelas. Selama peniupan udara berlangsung, lapisan luar dari gelas menjadi keras dan bagian dalam terus berkurang volumenya seiring dengan pendinginan. Proses ini bertujuan untuk membuat lapisan luar gelas beroleh kekuatan tekan dan bagian dalam gelas beroleh kekuatan tarik. Jika suatu beban tarik diberikan pada sebuah isolator, kerusakan mulai terjadi jika gaya tekan pada lapisan luar hingga berlebihan. Dengan demikian akan dihasilkan suatu isolator yang lebih baik, bila dibandingkan dengan isolator yang dikuatkan.

Isolator gelas alkali rendah yang dikeraskan dapat menahan beban dinamis dengan baik, sehingga masih layak di pakai sekalipun pernah jatuh dari tempat tinggi. Tetapi ongkos pembuatannya tinggi sehingga hanya digunakan pada kasus-kasus di mana dibutuhkan kekuatan mekanik yang tinggi dan stabil pada setiap perubahan suhu.

Isolator jenis post, mantel peralatan uji tegangan tinggi dan bushing dapat dibuat dari bahan kertas yang dikeringkan melalui pemanasan pada suhu tinggi, kertas dilapisi dengan pernis, kemudian di gulung membentuk tabung. Kemudian tabung ini diawetkan melalui proses pemanasan sehingga tabung menjadi kokoh, permukaannya berkilat, dan tidak menjadi lembut jika mengalami pemanasan ulang. Akhirnya permukaan isolator kertas dipernis lagi. Isolator kertas yang di proses seperti ini dimaksudkan untuk memperoleh kekuatan elektrik dan kekuatan mekanik yang cukup tinggi.

2.3 Jenis-Jenis Isolator

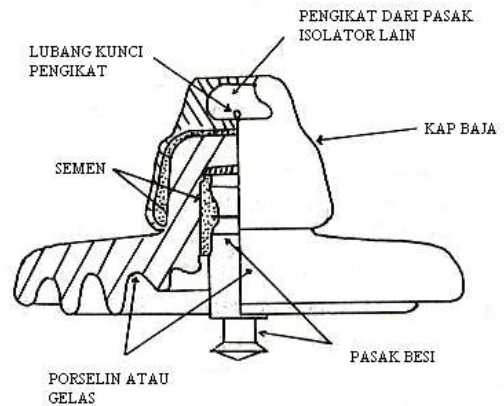
Isolator pada saluran transmisi dan distribusi menurut konstruksi dan penggunaannya terdiri dari :

1. Isolator Gantung (Suspension)
2. Isolator Jenis Pasak (Pin)
3. Isolator Batang Panjang (Long Rod)
4. Isolator Jenis Post Saluran (Line Post)

2.3.1 Isolator Gantung (Suspension)

Isolator gantung dipergunakan untuk isolator penegak. Dimana jumlah piringan isolator disesuaikan dengan tegangan sistem pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) tersebut. Pada isolator gantung dikenal ada dua jenis yakni, tipe clevis (clevis type) dan tipe lekuk dan bola (ball

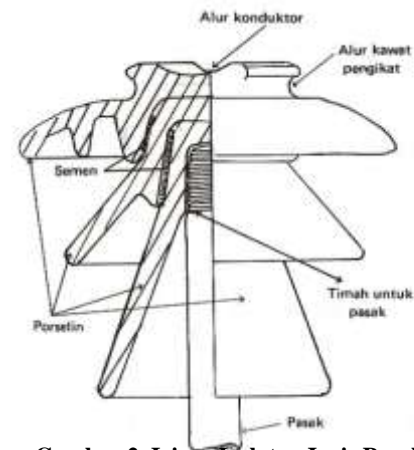
and socked type), yang masing-masing terbuat dari porselin dengan tutup (cap) dari besi tempahan di satu pihak dan pasak baja dilain pihak, yang keduanya dikaitkan pada porselinnya dengan semen berkualitas baik. Ukuran yang dikenal adalah piringan yang bergaris tengah 250 mm.



Gambar 1. Irisan Isolator Piring

2.3.2 Isolator Jenis Pasak (Pin)

Isolator jenis pasak terbuat dari porselin, yang bagian bawahnya di beri tutup (thimble cap) besi cor yang disemenkan pada porselin serta pasak baja yang disekrupkan padanya. Karena jenis-jenis ini dipakai sendiri (tidak dalam gandingan) serta kekuatan mekanisnya rendah, maka jenis ini tidak di buat dalam ukuran-ukuran yang besar.

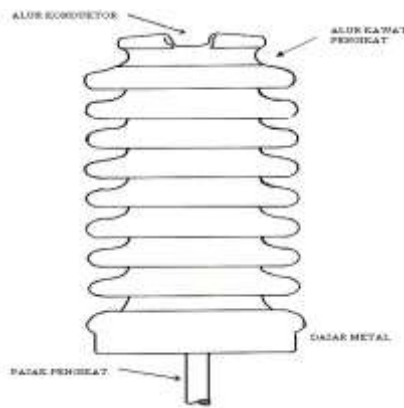


Gambar 2. Irisan Isolator Jenis Pasak

2.3.3 Isolator Batang Panjang (Long Rod)

Isolator jenis batang panjang ini mempunyai sedikit logam, sehingga tidak mudah menjadi rusak. Oleh karena rusuknya yang sederhana, maka ia mudah dicuci oleh hujan, sehingga jenis ini sesuai untuk penggunaan pada tempat-tempat yang banyak di kotori garam dan debu.

2.3.4 Isolator Jenis Post Saluran (Line Post)



Gambar 3. Isolator Post Saluran

2.4 Karakteristik Isolator

2.4.1 Karakteristik Listrik Isolator

Ditinjau dari segi kelistrikan, isolator dan udara membentuk suatu sistem isolasi yang berfungsi untuk mengisolir suatu konduktor bertegangan dengan kerangka penyangga yang di bumikan sehingga tidak ada arus listrik yang mengalir dari konduktor tersebut ke tanah. Ada dua kejadian yang menyebabkan sistem isolasi ini gagal melaksanakan fungsinya. Kegagalan suatu isolator dapat terjadi karena bahan dielektrik isolator tembus listrik (*breakdown*) atau karena terjadinya lewat denyar udara yang di sepanjang permukaan isolator. Dalam kasus yang pertama, karakteristik listrik tidak dapat pulih seperti semula dan sebagian dari isolator mengalami kerusakan mekanis sehingga tidak dapat digunakan lagi dan harus diganti. Pada peristiwa lewat denyar, kerusakan pada isolator hanya karena panas yang ditimbulkan busur api pada permukaan isolator. Jika rele proteksi bekerja, tegangan pada isolator tidak ada lagi, akibatnya busur api pun padam, dengan demikian isolator tidak sempat mengalami kerusakan. Semua isolator dirancang sedemikian hingga tegangan tembusnya jauh lebih tinggi dari tegangan lewat denyarnya. Dengan demikian, kekuatan dielektrik suatu isolator ditentukan oleh tegangan lewat denyarnya. Kekuatan dielektrik dan nilai tegangan yang dapat di pikul isolator tanpa terjadi lewat denyar dapat diperkirakan dari tiga karakteristik dasar isolator, yaitu tegangan lewat denyar bolak-balik pada keadaan kering, tegangan lewat denyar bolak-balik pada keadaan basah, dan karakteristik tegangan yang diperoleh dari tegangan surja standar.

Tegangan lewat denyar bolak-balik digunakan untuk memperkirakan kekuatan elektrik isolator jika memikul tegangan lebih internal. Sedang karakteristik tegangan-waktu digunakan untuk memperkirakan kekuatan elektrik isolator jika memikul tegangan lebih surja akibat sambaran petir pada jaringan. Tegangan tembus frekuensi rendah menunjukkan kekuatan dielektrik dari isolator, dan terjadi bila tegangan frekuensi rendah

diterapkan antara kedua elektroda isolator yang dicelup dalam minyak sampai isolator tembus. Untuk isolator dalam keadaan baik tegangan tembus ini lebih tinggi dari tegangan lompatan api frekuensi rendah, dan nilainya kira-kira 140 kV untuk isolator gantung 250 mm.

2.4.2 Karakteristik Mekanis Isolator

Karakteristik mekanis suatu isolator ditandai dengan kekuatan mekanisnya, yaitu beban mekanis terendah yang mengakibatkan isolator tersebut rusak. Kekuatan mekanis ini ditentukan dengan membebani isolator dengan beban yang bertambah secara bertahap hingga isolator terlihat rusak. Kekuatan mekanis suatu isolator dinyatakan dalam tiga keadaan beban, yaitu kekuatan mekanis tarik, kekuatan mekanis tekan dan kekuatan mekanis tekuk.

Sebelum menetapkan kekuatan mekanis isolator untuk suatu konstruksi, perlu diketahui lebih dahulu beban mekanis yang akan dipikulnya di lapangan. Jika isolator harus mampu memikul berat konduktor dan beban tarik. Berat konduktor tergantung kepada luas penampang konduktor, jenis bahannya, jarak gawang dan ada tidaknya timbunan es pada konduktor. Tegangan mekanis karena beban tarik tergantung pada luas penampang konduktor, jarak gawang, suhu dan kecepatan angin. Bila jaringan hantaran udara menggunakan isolator jenis pin, maka semua beban diatas umumnya akan menimbulkan beban tekuk pada isolator.

Dalam pengujian kekuatan mekanis dari suatu isolator, kerusakan tidak selamanya terlihat, khusus pada pengujian isolator gantung, karena kerusakan dapat terjadi di dalam jepitan logam sehingga terlindungi dari pandangan mata. Oleh karena itu, untuk isolator gantung, pengujian kekuatan mekanis dilakukan sambil memberi tegangan listrik pada isolator sebesar 70-80% tegangan lewat denyar bolak-balik kering. Beban mekanis terendah yang menyebabkan isolator tembus listrik ditandai dengan terputusnya hubungan listrik pada transformator uji yang digunakan untuk mencatu tegangan pada isolator.

Karakteristik utama dari suatu isolator gantung adalah kekuatan mekanis satu jam, dan biasanya karakteristik ini dicantumkan pada permukaan setiap isolator gantung. Karakteristik ini ditentukan dengan membebani isolator secara serempak dengan beban mekanis sebesar 75-80% tegangan lewat denyar bolak-balik kering. Isolator harus mampu memikul beban tersebut selama satu jam tanpa menimbulkan kerusakan pada isolator. Dalam prakteknya, beban tertinggi yang dapat dipikul suatu isolator ditetapkan sama dengan satu setengah kali kekuatan mekanis satu jam. Dalam perencanaan isolasi saluran transmisi udara, tegangan lebih merupakan faktor penting. Ditempat-tempat dimana pengotoran udara tidak mengkhawatirkan, surja hubung merupakan faktor penting dalam penentuan jumlah isolator dan jarak

isolasi. Karakteristik lompatan api dari surja hubung lain dari karakteristik frekuensi rendah dan impuls. Contoh karakteristik lompatan api untuk isolator gantung 250 mm.

III. PERMASALAHAN PADA ISOLATOR

3.1 Tegangan Tembus Pada Isolator

Udara ideal adalah gas yang hanya terdiri dari molekul-molekul netral sehingga tidak dapat mengalirkan arus listrik. Namun pada kenyataannya udara yang ada di dalam alam ini tidak hanya terdiri dari molekul-molekul netral saja tetapi ada sebagian dari padanya berupa ion-ion dan elektron-elektron bebas yang dapat mengakibatkan udara atau gas dapat mengalirkan arus walaupun sangat kecil.

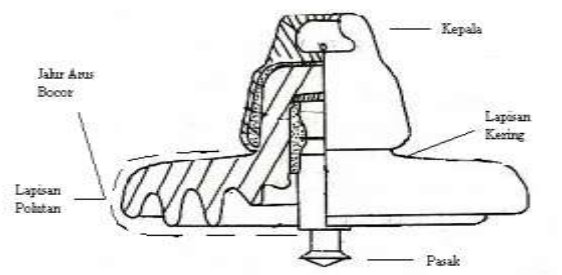
Peristiwa kegagalan isolator melaksanakan fungsinya yang terjadi di udara atau gas pertama-pertama tergantung dari banyaknya elektron bebas yang ada di udara atau gas tersebut. Konsentrasi elektron ini dalam keadaan normal sangat kecil dan ditentukan oleh pengaruh luar, seperti radiasi ultra violet sinar matahari. Akan tetapi konsentrasi elektron bebas ini akan bertambah besar apabila berada pada suatu medan listrik yang mampu menghasilkan proses ionisasi akibat benturan elektron.

Bilamana konsentrasi elektron bebas yang dihasilkan pada proses ionisasi akibat benturan elektron yang cukup besar mampu mengalirkan arus, maka udara atau gas tersebut sudah mengalami tegangan tembus.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Polutan Terhadap Kinerja Isolator

Polutan yang terkandung di udara dapat menempel pada permukaan isolator dan berangsur-angsur membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan isolator. Unsur polutan yang paling berpengaruh terhadap unjuk kerja isolator adalah garam yang terbawa oleh angin laut. Lapisan garam ini bersifat konduktif terutama pada keadaan cuaca lembab, berkabut atau pada saat hujan gerimis. Jika cuaca seperti ini terjadi, maka akan mengalir arus bocor dari kawat fasa jaringan ke tanah melalui lapisan konduktif yang menempel di permukaan isolator dan tiang penyangga.

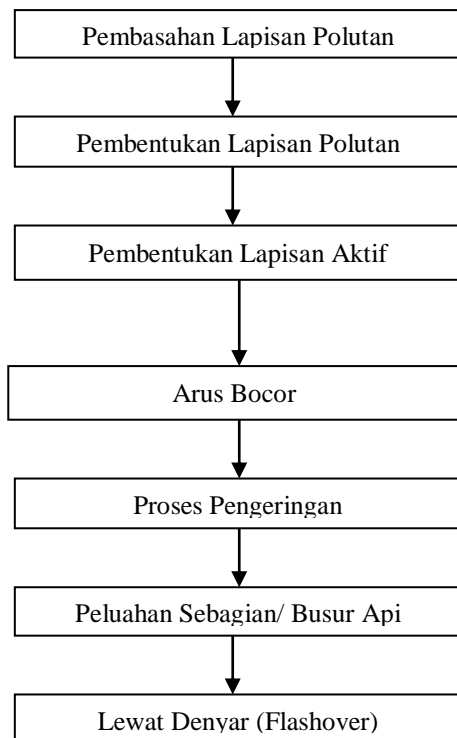


Gambar 4. Isolator Terpolusi

Lapisan konduktif yang lembab menyebabkan tahanan permukaan secara tajam, sehingga arus bocor akan mengalir melalui lapisan tersebut. Arus bocor ini menimbulkan panas, dan mengakibatkan kandungan air di lapisan polutan mengalami proses penguapan. Proses tersebut terus berlangsung sehingga menimbulkan daerah kering di permukaan isolator. Lapisan kering ini biasanya terbentuk lebih dahulu di sekitar kepala (*cap*) dan pasak (*pin*) dimana arus paling terkonsentrasi seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

Karena lapisan kering ini memiliki tahanan yang lebih besar dibandingkan dengan permukaan yang basah, maka tegangan jauh terpusat padanya yang mengakibatkan terjadinya pelepasan muatan sebagian yang menjembatani lapisan kering dalam bentuk busur nyala. Peristiwa ini akan berlangsung terus sampai arus bocor mencapai nilai tertentu yang menyebabkan pengeringan berlanjut ke lapisan basah sekitarnya. Pada saat arus bocor cukup besar, pelepasan muatan sebagian akan menimbulkan bunga api yang lebih besar dan apabila dapat menjembatani keseluruhan isolator maka peristiwa lewat denyar akan terjadi.

Proses terjadinya lewat denyar pada isolator terpolusi dapat digambarkan sebagai tahap-tahap yang terpisah seperti skema pada Gambar 5.



Gambar 5. Tahap-Tahap Terjadinya Lewat Denyar Isolator Terpolusi

4.2 Sifat-Sifat Lapisan Polutan

Lapisan pengotor yang menempel pada permukaan isolator secara umum terdiri dari dua komponen, yaitu komponen yang bersifat konduktif dan komponen lembab. Komponen yang

bersifat konduktif yang paling umum terdiri dari garam-garam yang dapat terurai menjadi ion-ion (garam ionik) seperti natrium klorida, magnesium klorida, natrium sulfat, dan lain-lain. Larutan garam ini akan mempengaruhi unjuk kerja isolator apabila menempel pada permukaan isolator dalam bentuk lapisan tipis konduktif. Beberapa komponen konduktif lainnya terutama yang terdapat di daerah industri adalah gas-gas yang dapat larut seperti SO₂, yang membentuk larutan konduktif asam. Bahan-bahan ini sulit dideteksi, karena apabila permukaan isolator menjadi kering, maka gas SO₂ akan menguap.

Komponen yang bersifat lembab dari bahan pencemar adalah bahan yang padat dan tidak dapat larut menjadi ion-ion, misalnya debu-debu semen atau tanah. Bahan-bahan tersebut membentuk ikatan mekanis yang akan mempersulit proses pencucian permukaan secara alamiah.

4.3 Intensitas Polutan Isolator

Tingkat intensitas polusi isolator di suatu daerah dapat ditentukan dengan menggunakan empat tingkat intensitas polusi secara kualitatif, mulai dari tingkat terpolusi ringan sampai tingkat terpolusi sangat berat. Penentuan tingkat polusi ini didasarkan pada keadaan lingkungan isolator dimana ia terpasang. Tabel 4.1 berikut memperlihatkan masing-masing tingkat polusi dan kondisi lingkungan yang berhubungan dengannya.

4.4 Proses Pencemaran Isolator

Sebagian besar zat pengotor baik yang bersifat konduktif maupun yang bersifat lembab (non-konduktif), dibawa oleh angin ke permukaan isolator. Peranan angin sangat mempengaruhi pola pembentukan endapan pada permukaan isolator. Hal ini dapat dilihat di kebanyakan lokasi dengan mengamati sisi bawah permukaan isolator. Endapan zat pengotor biasanya lebih banyak terdapat pada bagian tepi yang menghadap arah angin terutama pada permukaan isolator yang berlekuk-lekuk. Pengaruh ini terutama dapat diperhatikan di lokasi di mana angin memiliki arah tetap. Medan elektrostatis memiliki pengaruh penting pada pengumpulan partikel-partikel polutan yang dibawa oleh angin terutama pada bagian-bagian intensitas yang medan listriknya tinggi, seperti pada bagian pasak (pin). Pengaruh ini paling jelas untuk isolator tegangan tinggi DC dimana polaritasnya tetap terhadap waktu. Medan elektrostatis juga memegang partikel-partikel melalui proses polarisasi dielektrik ketika partikel menyentuh permukaan isolator.

Selain arah angin dan medan elektrostatis, ada faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap akumulasi partikel-partikel polutan di permukaan isolator, yaitu umur isolator, jarak isolator dari pantai, keadaan cuaca dan lingkungan, kecepatan angin dan jenis isolator itu sendiri. Faktor jenis sangat terkait dengan profil atau geometrisnya. Ada dua parameter geometris yang mempengaruhi

pola pengendapan dan pencucian alamiah polutan dipermukaan isolator, yaitu perbandingan jarak antara sirip dengan rentangan sirip dan kemiringan sirip. Setiap isolator mempunyai profilnya masing-masing, sehingga pola pengendapan polutan pun menjadi berbeda-beda.

Pada isolator terdapat bagian-bagian yang tersembunyi dari terpaan angin secara langsung. Biasanya pada bagian-bagian tersebut akumulasi polutan berjalan sangat lambat, akan tetapi karena bagian-bagian tersebut tersembunyi maka kesempatan untuk pencucian alamiah pun sangat kecil sehingga polutan secara lambat laun akan terus menumpuk. Untuk mengatasi hal ini mungkin diperlukan tindakan khusus, misalnya pencucian secara berkala.

4.5 Pembasahan Lapisan Isolator

Pembasahan lapisan polutan pada permukaan isolator dapat terjadi karena peristiwa-peristiwa berikut ini :

- a. Pengembunan
- b. Tumbukan butir-butir air dengan permukaan isolator
- c. Penyerapan air oleh lapisan pengotor pada permukaan isolator
- d. Pembasahan secara difusi kimia

4.5.1 Pengembunan

Pengembunan terjadi jika suhu permukaan isolator turun di bawah suhu titik embun. Pada malam yang cerah, permukaan isolator terutama bagian atas akan kehilangan panas melalui proses radiasi. Jika suhu permukaan terus sampai dibawah titik pengembunan ini menjadi penyebab utama terjadinya lewat denyar pada isolator yang terpasang. Beberapa pengamatan menunjukkan bahwa hal ini terjadi pada pagi hari.

4.5.2 Tumbukan Butir-Butir Air Dengan Permukaan Isolator

Pembasahan karena tumbukan butir-butir air dengan permukaan isolator tercemar biasanya terjadi pada cuaca berkabut atau hujan gerimis. Mekanisme pembasahan ini dapat membasahi permukaan bawah isolator lebih efektif dibandingkan pembasahan dengan pengembunan.

4.5.3 Penyerapan Air Oleh Lapisan Pengotor Pada Permukaan Isolator

Lapisan pengotor pada permukaan isolator yang bersifat hidrolik akan menyerap air dari udara, tetapi tidak terjadi reaksi kimia antara air dengan lapisan pengotor tersebut. Butir-butir air yang menyentuh permukaan isolator diserap oleh bahan pengotor kemudian secara cepat pembasahan ini melebar pada permukaan isolator.

4.5.4 Pembasahan Secara Difusi Kimia

Air permukaan isolator melarutkan zat pengotor yang menempel pada permukaan isolator, sehingga konsentrasi larutan pada permukaan

isolator lebih tinggi daripada konsentrasi larutan di udara sekitarnya, maka uap air akan tertarik ke permukaan isolator. Air yang terserap ke permukaan isolator membuat larutan menjadi encer, sehingga menurunkan perbedaan konsentrasi akibatnya akan menurunkan laju penyerapan air.

4.6 Penanggulangan Polutan Isolator

Untuk menanggulangi pengotoran yang meyebabkan penurunan tegangan ketahanan pada isolator, dilakukan cara-cara berikut ini :

- a. Menambah isolasi (misalnya dengan menambah jumlah piringan dalam gandengan).
- b. Mencuci isolator, yaitu dengan menyemprotnya dengan air, biasanya dalam keadaan bertegangan (hot-line washing).
- c. Memberi lapisan campuran silikon pada isolator untuk menangkal air (water repellent).
- d. Menurunkan tegangan sistem atau memutuskan arus saluran transmisi bila diperkirakan akan terjadi gangguan.

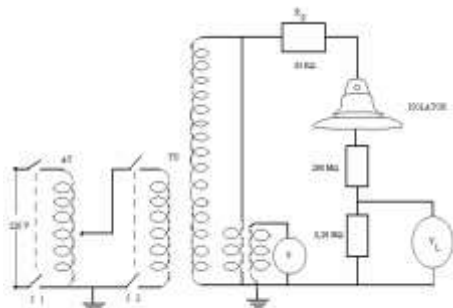
Berdasarkan pengalaman mengenai kerusakan terhadap saluran transmisi, maka daerah-daerah pengotoran dapat diklasifikasikan. Pembagian ini dipengaruhi oleh kondisi geografis, misalnya daerah yang banyak mengalami taufan, daerah pegunungan, daerah dataran, dsb.

4.7 Pengujian

1. Peralatan Pengujian

Dalam melakukan pengujian yang telah dilakukan, dipergunakan sebagai berikut:

- a. High Voltage Test Set Model ET-1010, 220V/100KV :1 set
- b. Multimeter : 2 set
- c. Tahanan 43 KΩ : 1 set
- d. Tahanan 280 MΩ : 1 set
- e. Tahanan 0.28 MΩ :1 set
- f. Isolator 20 KV : 1 set
- g. Termometer : 1 set
- h. Kipas Angin : 1 set
- i. Garam : secukupnya
- j. Aquadest : 20 liter
- k. Oven :1 set
- l. Neraca : 1 set



Gambar 5. Rangkaian Pengujian Endapan Polutan Garam Pada Isolator

2. Prosedur Pengujian

- a. Masukkan 1 gram garam dapur ke dalam bejana yang berisi 20 liter air aquadest
- b. Isolator yang akan di uji dibersihkan
- c. Isolator yang telah dibersihkan dicelupkan ke dalam larutan garam selama 10 menit untuk memastikan larutan garam mencemari isolator secara merata
- d. Isolator dikeringkan ke dalam ruangan pengering (oven) selama 45 menit, kemudian isolator didinginkan hingga mencapai suhu 20°
- e. Isolator sampel dihubungkan ke terminal keluaran transformator uji, kemudian diukur besar tegangan (VL) pada tegangan 10 KV, 11 KV, 12 KV, 13 KV dan 14 KV

3. Data Hasil Pengujian

Jenis Isolator : Isolator Piring

Tabel 1. Hasil Pengujian

Volume Polutan Garam (gr)	Lama Perendaman (menit)	KV	VL (Volt)
1	10	10	0,75
		11	0,81
		12	0,81
		13	0,81
		14	0,82
2	10	10	1,71
		11	1,86
		12	2,05
		13	2,69
		14	2,95
3	10	10	3,62
		11	3,80
		12	4,15
		13	4,50
		14	4,80
4	10	10	4,20
		11	4,71
		12	5,82
		13	5,82
		14	6,30
5	10	10	5,50
		11	5,80
		12	6,30
		13	7,20
		14	7,50

Untuk menghitung nilai arus bocor maka diperlukan pengkonversian dari data yang diperoleh dalam pengujian:

$$KV_{rata-rata} = \frac{10 + 11 + 12 + 13 + 14}{5} = 12 \text{ volt}$$

Tegangan rata-rata (VL) untuk tiap-tiap kandungan polutan:

- Untuk volume polutan 1 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{0,75 + 0,81 + 0,81 + 0,81 + 0,82}{5} = 0,80 \text{ volt}$$

- Untuk volume polutan 2 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{1,71 + 1,86 + 2,20 + 2,69 + 2,95}{5} = 2,25 \text{ volt}$$

- Untuk volume polutan 3 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{3,62 + 3,80 + 4,15 + 4,50 + 4,80}{5} = 4,17 \text{ volt}$$

- Untuk volume polutan 4 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{4,20 + 4,71 + 5,82 + 5,82 + 6,30}{5} = 5,37 \text{ volt}$$

- Untuk volume polutan 5 gr garam

$$V_{Lrata-rata} = \frac{5,50 + 5,80 + 6,30 + 7,20 + 7,50}{5} = 6,46 \text{ volt}$$

Maka arus bocor yang diperoleh pada tiap-tiap kandungan polutan sebagai berikut:

- Untuk volume polutan 1 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{0,8 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,00285 \mu\text{A}$$

- Untuk volume polutan 2 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{2,252 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,00804 \mu\text{A}$$

- Untuk volume polutan 3 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{4,74 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,01490 \mu\text{A}$$

- Untuk volume polutan 4 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{5,37 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,01917 \mu\text{A}$$

- Untuk volume polutan 5 gr garam

$$I_b = \frac{V_L}{R} = \frac{6,46 \text{ volt}}{0,28 \text{ M}\Omega} = 0,02307 \mu\text{A}$$



Gambar 6. Kurva Karakteristik Hubungan Arus Bocor Dengan Volume

4. Analisa Data

Dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa volume polutan garam yang dilarutkan pada bahan uji akan memberikan dampak terhadap arus bocornya. Fenomena ini terjadi karena kenaikan volume polutan yang dilarutkan mengakibatkan konduktivitas permukaan bahan meningkat. Hasil pengujian menunjukkan semakin besar kapasitas volume polutan yang dilarutkan pada bahan uji maka nilai arus bocornya semakin besar pula. Karena polutan merupakan faktor utama yang mempengaruhi nilai arus bocornya.

V. KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian-uraian dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemakaian isolator gantung tergantung dari tegangan yang dipakai pada jaringan tersebut.
2. Untuk mengatasi pengaruh-pengaruh pengotoran pada isolator tidak terlepas dari isolasi isolator tersebut serta adanya pemeliharaan tahunan.
3. Kerusakan-kerusakan pada isolator banyak terjadi akibat adanya pengotoran, pemburukan, sambaran petir dan juga faktor kelembaban udara.
4. Pengaruh-pengaruh pengotoran tersebut akan berakibat fatal bagi isolator, karena isolator mempunyai batas kemampuan tegangan dan jika tegangan yang dihasilkan dari lompatan api melebihi batas tegangan isolator akan mengalami kegagalan.
5. Isolator yang bersih mempunyai tahanan yang besar, apabila terjadi pengotoran maka tahanan isolator berkurang.
6. Semakin besar kepadatan endapan polutan garam pada permukaan isolator, maka semakin besar pula arus bocornya.
7. Semakin besar tegangan yang diterapkan, maka semakin besar pula arus bocornya.

5.2 Saran

1. Pemeliharaan peralatan pada laboratorium hendaknya diperhatikan dan ditingkatkan.
2. Peralatan-peralatan yang telah rusak sebaiknya diganti dengan yang baru guna mendukung kelancaran kerja bagi para mahasiswa yang sedang mengadakan pengujian mengingat bahwa laboratorium tegangan tinggi USU merupakan salah satu laboratorium yang terbesar di Sumatera Utara.
3. Agar pelaksanaan penelitian/pengujian bagi mahasiswa tersebut sebaiknya didampingi oleh pembimbing maupun asisten yang dapat mengarahkan pelaksanaan pengujian dan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arismunandar A, 1984, *Teknik Tegangan Tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2]. Arismunandar A, Kuwahara S, 1993, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II, Cetakan Keenam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [3]. Hutauruk TS, 1989, *Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja* , Erlangga, Jakarta.
- [4]. Hutauruk TS, 1998, *Transmisi Daya Listrik*, Cetakan Pertama, Erlangga, Jakarta.
- [5]. Muhaimin, 1987, *Bahan-Bahan Listrik Untuk Politeknik*, Cetakan Kedua, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [6]. Perusahaan Umum Listrik Negara, 1993, *Tingkat Intensitas Polusi Sehubungan Dengan Pedoman Pemilihan Isolator “*, SPLN 10-3b
- [7]. Tobing L Bonggas, 2003, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [8]. Tobing L Bonggas, 2003, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [9]. Standar Nasional Indonesia (SNI), 03-7015-2004, *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*.